CCC對水稻生長發育倒伏及產量之影響[1]

黃 明 得[2]　　湯 文 通[3]

一、緒　　言

水稻是本省最重要的糧食作物，如何有效地提高其單位面積產量及防止減產損失，實在是一個非常重要的問題。一般來說，增加水稻單位面積產量的方法，不外乎是利用育種方法，育出高產、耐肥、抗倒伏、抗病蟲害等優良品種，推廣給農民種植；另方面，可由改良耕作方法，例如密植，多施化學肥料等方法着手。本省近年來乃積極提倡水稻之『重肥密植』栽培法，以期在有限之耕地面積上，更進一步來提高稻作之單位面積產量。

氮肥通常被認爲是作物增產所不可或缺之要素，一般水稻多施肥，收成亦多，但是爲了增產而過度增施肥料，尤其是氮肥，和過度密植，則水稻往往會生長軟弱，成熟延遲，易遭病蟲爲害，以及導致稻株倒伏，非但不能增產，反而會遭受更形嚴重之減產。因此，重肥密植，加以本省之颱風豪雨，使水稻倒伏問題成了減產的主因。所以要想利用『重肥密植』栽培法來提高稻作之單位面積產量，先決條件必須是種植具有高度抗倒伏能力之優良品種。

增加水稻之抗倒伏能力，固然可以利用育種方法，育出短稈、强稈、耐肥之優良品種，以解決倒伏問題，但是利用人工合成之植物生長抑制劑（plant growth retardants）來控制植物之生長，發育，使植株能抗倒伏或減少倒伏之損失，似亦不失爲增產上可行方法之一。

近年來，歐美國家曾利用CCC（2-chloroethyltrimethylammonium chloride）來處理大麥、小麥、燕麥、黑麥等禾穀類作物，皆證實了它確能使此等作物免於倒伏，且能增加產量。但利用CCC處理水稻的研究則尚不多覯，因此本試驗之目的，在探討不同的CCC噴施時期，不同用量，與在不同的氮肥用量之下，CCC對水稻生長、發育、倒伏及產量的影響，期明瞭CCC在本省稻作增產上之實用價值。

二、前 人 研 究

早在1949年，Mitchell, Wirwill 和 Weil 三氏發現了一類新的化學藥劑——Nicotiniums，能抑制豆莢類植物（bean plants）莖之伸長（elongation），而不致使植株產生其他不良影響，這是植物生長抑制劑研究的開始。此後，AMO-1618, AMO-1619, Hydrazine compounds 及 Phosfon 類的物質也相繼發現和應用[5]。

迄1960年，Tolbert 氏[31,32]報告稱，有一類新的quanternary ammonium compounds，其作用方式與植物生長調節素（plant growth regulators）的作用方式相似，也能使禾穀類作物的節間縮短，株高變矮。在這一類化合物中，最有效的物質就是 2-chloroethyltrimethylammonium chloride，其構造式爲：

$$Cl-CH_2-CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{N^+}}}}-CH_3\cdot Cl^-$$

本文爲國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文之一部份。　1.試驗報告農試字第五九四號。
2.臺灣省農業試驗所技士。　3.國立臺灣大學農藝學系教授。

因其與 choline 的構造式極爲相似，因此也稱爲 chlorocholine chloride，簡稱 CCC（商品名稱 Cycocel）。分子量爲158.1，白色結晶固體，帶有魚腥味，熔點 245°C，易溶於水，其水溶液之化學性質極爲安定，可以長久維持其生物效應[31]，且由於ＣＣＣ所能作用之植物種類較上述其他物質爲多[6]，遂引起許多學者研究的興趣。

有關利用ＣＣＣ處理各種麥類的報告極多[1,3,4,5,7,8,9,13,16,17,18,19,20,24,27,30]，在水稻方面的研究則較少。太田等氏[33]最先以ＣＣＣ之類似物，BCB（Bromocholine Bromide）等來處理水稻，發現其能抑制稻稈之伸長。後來氏等[34]又報告只有在密植情形下，BCB才可抑制稻稈之伸長。1967年Caraus, Adler, Clonda 及 Sbiracea 等氏[4]報告稱，ＣＣＣ 對於水稻節間長度之縮短， 並無顯著效果；而 Rao 和 Krishnnayya二氏[28]利用 30,60,90mg/pot 之ＣＣＣ處理水稻則發現經ＣＣＣ處理之水稻，60天後植株變矮，且植株對於鈣離子之吸收增加。Das, Vig 及 Bhumbla 三氏[11]指出，於水田中，施用4 lbs/acre 之ＣＣＣ，無論在何種氮肥用量之下，皆可提高水稻產量，且植株之基部節間縮短，能抗倒伏。Isoldos 和 Feher 二氏[21]以0.5%之ＣＣＣ加入栽培水稻之水耕液中，發現水稻秧苗對磷離子之吸收不受ＣＣＣ影響，但對其他離子之吸收會因ＣＣＣ處理而減少。Das, Vig和Bhumbla三氏[12]又利用ＣＣＣ噴施處理水稻，則水稻基部節間縮短，第二節節間變粗，於ＣＣＣ用量4 lbs/acre 及氮肥用量40 lbs/acre配合下，產量可提高39%，且植株極少倒伏，氏亦發現，不論在營養生長期或生殖分化期，施用ＣＣＣ皆有相同之效果。Gupta 氏[14]最近在獅子山國（Sierra Leone）以陸稻（upland rice）及沼澤稻（swamp rice）爲材料，發現不論是種子處理或葉面噴施處理，ＣＣＣ皆可使植株免於倒伏，但對於產量之提高並無顯著影響，且亦不影響其產量構成因素。

綜上所述，知植物對ＣＣＣ之反應不一，即使同一種作物之不同品種，其反應也可能不一，故本試驗是要在本省栽培環境與栽培技術之下，覆證以上諸說之正確性，及探討其在本省施用ＣＣＣ之可行性。

三、材 料 與 方 法

本試驗採用之水稻品種爲嘉南八號。試驗分兩大部分進行。第一部分自民國60年 3月21日起，於臺灣農業研究中心之人工氣候控制室（Phytotron）內進行，包含ＣＣＣ 種子處理對種子發芽影響之試驗，及ＣＣＣ葉面噴施盆栽試驗。第二部分自同年 8月12日起，於國立臺灣大學農學院試驗場內進行田間試驗。玆將試驗方法分述如下：

（一）人工氣候控制室試驗：

試驗用土壤，係取自上述試驗場內之水田粘質壤土。將土壤先以大型滅菌機，在壓力1.1 kg/cm^2，溫度120°C消毒 1 小時後，取出分別裝入$10\times35\times45cm^3$之塑膠盆及$^1/_{2,000}$公畝之 Wagner 氏栽培缽中，又選取外觀優良，無病斑之種子， 先經清水選種後，再以比重 1.13 之鹽水選種。 選出種子以1,000倍之 uspulum 溶液浸種 1 小時，取出以清水充分洗滌後，分供ＣＣＣ種子處理發芽試驗及盆栽試驗之用。

1. ＣＣＣ種子處理對種子發芽影響試驗：

經上述鹽水選及消毒過之種子，分別浸於0%（對照），2.5%，5.0%，10%，20%及50%之 ＣＣＣ水溶液中，24小時後取出以清水充分洗滌，再分別置於發芽皿中，重複 4 次， 放入白天 30°C，夜間 25°C 之自然光照室中進行發芽試驗，三天後記錄其發芽百分率，觀察其發芽情形後，播於苗床中，移入白天25°C，夜間20°C之自然光照室中培育，每隔一星期調查秧苗高度一次。

2. ＣＣＣ葉面噴施盆栽試驗：

未經ＣＣＣ浸種之種子，其秧苗成長後 3 星期，移植於 $^1/_{2,000}$ 公畝 Wagner 氏栽培缽中，每缽插植秧苗 3 株，單本植，其處理分爲：

（1）CCC噴施量：分兩種，一爲不噴施 CCC（對照）；另一爲 CCC 4 kg/ha a.i.，於插秧後3星期施用。

（2）配合氮肥用量：分兩種，一爲無氮肥處理，其氮、磷、鉀之要素量爲 0：80：80 kg/ha；另一爲高氮肥處理，用量爲 180：80：80 kg/ha，分二次施用，60年3月20日、4月11日各施基肥及追肥½。

處理組合共爲 2 × 2 = 4 種，重複4次，共16缽。採用完全逢機複因子試驗設計。於CCC噴施後，每星期調查株高、分蘖各一次，記錄抽穗期及成熟期，並於抽穗後20天以 cLr 值法 (35)，測定稻株抗倒伏能力之大小。收穫之種子除供估算產量外，並行考種，稻穀經脫殼乾燥後，用 Semi-micro-Kjedahl's 方法測定米粒中之全氮含量百分率。

（二）田間試驗：

本試驗自民國60年7月25日浸種開始，8月12日插秧。種子之預措同前。茲將各參試因子分述如下：

1. CCC噴施期：分插秧後3星期噴施一次（T_1）及插秧後6星期噴施一次（T_2）兩種。
2. CCC噴施量：分不噴施CCC（對照，Co）及 2kg/ha a.i.（C_1），4 kg/ha a.i.（C_2）及 6kg/ha a.i.（C_3）四種。
3. 配合氮肥用量：分無氮肥 N0，普通氮肥N90及高氮肥 N180 kg/ha 三種，每處理之磷、鉀肥用量皆爲 80 kg/ha。

田間設計採用逢機完全區集複因子試驗法，參試處理組合共爲 2 × 3 × 4 =24種，重複4次，共96小區，小區面積爲 6.6m^2（2.2×3），試區總面積爲 1035.2m^2。行株距採用20×20公分，每小區插植秧苗14行，每行10株，共計140株，單本植。施肥同一般田間施用法。

經CCC處理後，調查株高、分蘖數、抽穗期等，並於抽穗後20天，每小區逢機選取20株水稻，以 c. Lr 值法，測定植株之抗倒伏能力的大小。成熟時收穫種子，除供估算產量外，並進行考種。稻穀經乾燥脫頴後，以 Semi-micro-kjedahl's 方法，測定米粒中之全氮含量百分率。

四、試 驗 結 果

（一）CCC對水稻種子發芽率及幼苗生長之影響：

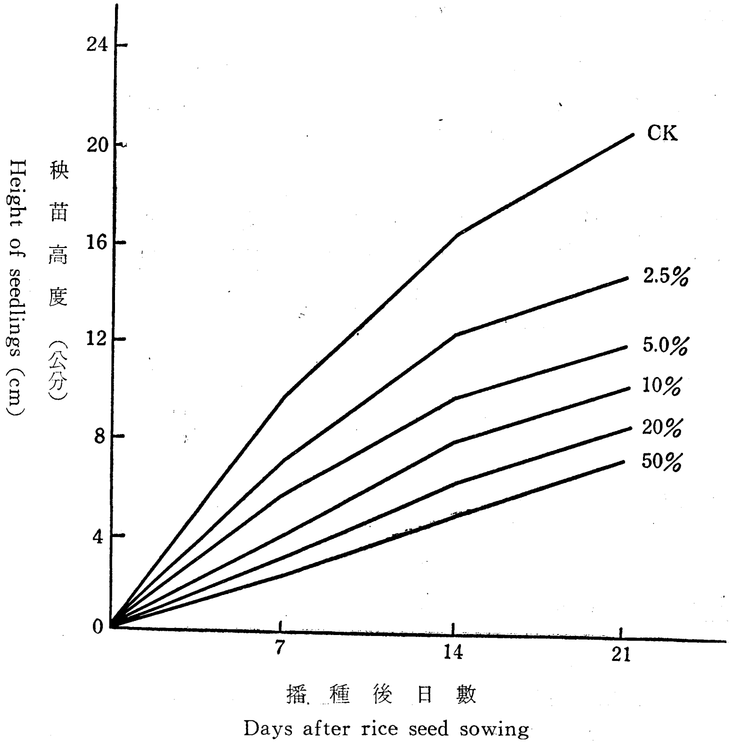
水稻種子經CCC浸種處理後，無論在低或高濃度下浸種24小時，對種子之發芽率，並無影響（表一）

表一、CCC對水稻種子發芽百分率之影響

Table 1. Effect of CCC on the germination of rice seed.

CCC 濃度 CCC Conc.	CK	2.5	5.0	10.0	20.0	50.0
發芽百分率 Germination %	98.50	98.25	98.50	98.25	98.00	98.00

經CCC浸種之種子，在白天 25°C，夜間 20°C之自然光照室中育苗，經3星期後，其幼苗高度亦因CCC濃度之增高而隨之減低（圖一）。



圖一、CCC種子處理對水稻秧苗高度之影響

Fig. 1. Effect of CCC seed treatment on height of rice seedling.

（二）CCC對水稻株高之影響：

在盆栽試驗中得知CCC於插秧後3星期噴施，對水稻株高之減少有顯著效果（表二、及表三），而氮肥則能使株高增加。又由表三得知在高氮肥下，經CCC處理之植株，成熟時平均株高較未處理者顯著減低；而在無氮肥下，施用CCC之植株高度，雖較未處理者爲矮，但在統計分析上，其差異並未達顯著水準。在所有之處理組合中，以高氮肥下未施用CCC者株高最高，高達 126公分，而其餘三者皆較上述者爲矮，且三者之間無顯著差異存在。此種CCC處理使植株矮化之效果，約在CCC噴施後第14天即可顯著表現。（表四）

表二、氮肥及CCC對水稻株高影響之變方分析（盆栽試驗）

Table 2. AOV table of effect of Nitrogen fertilizer and CCC on plant height of rice. (Pot Experiment)

變因 Variation Due To	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F值 F	理論F值 F 0.05 F 0.01
處理 Treatments	(3)	656.00	218.6667	6.6262 *	3.86 6.99
CCC (C)	1	256.00	256.0000	7.7575 *	5.12 10.56
氮肥 (N) Nitrogen fertilizer	1	256.00	256.0000	7.7575 *	5.12 10.56
C×N	1	144.00	144.0000	4.3636	5.12 10.56
機差 Error	12	396.00	33.0000	—	--
總計 Total	15	1,032.00	—	—	—

表三、CCC及氮肥對水稻株高（公分）之影響

Table 3. Effect of nitrogen and CCC on the plant height of rice. (cm)

處理 Treatments (實驗別 Kinds of Exp.)		盆栽 Pot	田間 Field 插秧後3星期噴施CCC (T_1)	田間 Field 插秧後6星期噴施CCC (T_2)
N 0	C_0	112[a]	91.00	90.00
	C_1	—	87.75	88.00
	C_2	110[a]	85.50	85.75
	C_3	—	83.75	83.25
N 90	C_0	—	95.50	93.50
	C_1	—	93.25	90.50
	C_2	—	88.50	88.25
	C_3	—	86.00	85.50
N 180	C_0	126[b]	101.75	105.50
	C_1	—	95.75	96.00
	C_2	112[a]	92.50	92.75
	C_3	—	90.25	90.00

表四、不同氮肥量下CCC噴施處理後對水稻株高（公分）之影響（盆栽試驗）

Table. 4 Effect of CCC and N on the plant height of rice after CCC sprayed (Pot Experiment).

處理 Treatments		CCC噴施後日數 Days after CCC sprayed 7	14	21	28	35	42	49	56
N 0	對照 Control	60[a*]	70[a]	78[a]	86[a]	92[a]	97[a]	101[a]	106[a]
	CCC 4kg/ha a.i.	61[a]	68[a]	76[a]	87[a]	94[a]	98[a]	103[a]	105[a]
N 180	對照 Control	64[a]	76[b]	84[b]	95[b]	103[b]	110[b]	115[b]	120[b]
	CCC 4kg/ha a.i.	60[a]	66[a]	74[a]	81[a]	90[a]	96[a]	102[a]	104[a]

*表中每直列之數值右上方之字母相同者，表示其差異未達多變域測驗之5%顯著水準。

*Means within a column followed by the same letter are not significantly at the 5% level according to Duncan's Multiple Range Test.

在田間試驗方面，由表三及表五，株高經變方分析結果，CCC處理對水稻株高之減低亦有極顯著之效果，且有隨CCC用量之增加而減低之趨勢；氮肥則相反，可使水稻株高增加。此一結果與盆栽試驗一致。且由變方分析表知CCC與氮肥間交感效應顯著，而CCC噴施時期對水稻株高並無影響，亦即於插秧後3星期或6星期，噴施CCC皆可使植株矮化。

表五、CCC，氮肥及CCC施用期對水稻成熟時株高影響之變方分析（田間試驗）

Table 5. The analysis of variance of effect of CCC, Nitrogen fertilizer, and time of CCC application on the matured plant height of rice in the field.

變因 Variation Due To	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F值 F	理論F值 F 0.05 F 0.01
處理 Treatments	((23))	2706.8333	117.6884	14.2235**	1.75 2.20
區集 Blocks	3	19.5833	6.5278	0.7889	2.76 4.13
CCC噴施期 Time of CCC application (T)	1	0.6666	0.6666	0.0806	4.00 7.08
CCC噴施量 CCC Conc. (C)	(3)	1288.5000	429.5000	51.9083**	2.76 4.13
CCC直線用量 CCC Conc. Linear	1	1267.5000	1267.5000	153.1870**	4.00 7.08
CCC一次曲線用量 CCC Conc. Quadratic	1	20.1667	20.1667	2.4373	4.00 7.08
CCC二次曲線用量 CCC Conc. Cubic	1	0.8333	0.8333	0.0101	4.00 7.08
氮肥用量 (N) Nitrogen fertilizer	(2)	1236.0833	618.0417	74.6950**	3.15 4.98
氮肥直線用量 N Linear	1	1207.5625	1207.5625	145.9431**	4.00 7.08
氮肥一次曲線用量 N Quadratic	1	28.5208	28.5208	3.4470	4.00 7.08
T×C	3	3.5000	1.1667	0.1410	2.76 4.13
T×N	2	20.3334	10.1667	1.2287	3.15 4.98
C×N	6	127.7500	21.2917	2.5733*	2.25 3.12
T×C×N	6	30.0000	5.0000	0.6043	2.25 3.12
機差 Error	69	570.9167	8.2742	—	—
總計 Total	95	3297.3333	—	—	—

（三）CCC對水稻分蘖數，有效分蘖數之影響：

由盆栽試驗（表六）知，在無氮肥時，施用CCC後，起初其分蘖數與未處理者並無不同，且對最後之每株有效分蘖數亦無影響；在高氮肥下，CCC處理後14天，其每株之分蘖平均較未處理者多，但至末期，其有效分蘖數並未比對照區者多，似CCC處理只增加無效分蘖而已，而對有效分蘖之增加則無效果。

表六、CCC及氮肥對水稻每株分蘖數之影響（盆栽試驗）

Table 6. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on number of tillerings per plant of rice in pot experiment.

處理 Treatments		CCC噴施後日數 Days after CCC sprayed 7	14	21	28	35	42	49	成熟時分蘖數 No. of tillerings per plant in the mature
N 0	對照 Control	9	11	14	21	20	19	11	9[a]
	CCC 4kg/ha a.i.	9	11	13	21	19	17	11	8[a]
N 180	對照 Control	9	11	16	20	22	23	19	16[b]
	CCC 4kg/ha a.i.	9	12	17	25	25	25	20	15[b]

田間試驗之結果亦同，由表七知CCC處理並不能使水稻每株之有效分蘖數增加，只是氮肥之施用才使每株分蘖數增加而已，而CCC施用之早、晚，及CCC與氮肥之交感作用，對水稻有效分蘖數之增加並無顯著效果。

表七、CCC及氮肥對水稻每株穗數之影響（田間試驗）

Table 7. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on the number of tillerings per plant of rice. (Field experiment).

處理 Treatments		CCC噴施期 Time of CCC application: 插秧後3星期 (T$_1$) 3 wks after transplanting	插秧後6星期 (T$_2$) 6 wks after transplanting
N 0	對照 Control	7.5	8.3
	CCC 2 kg/ha a. i.	8.3	8.0
	CCC 4 kg/ha a. i.	7.5	8.0
	CCC 6 kg/ha a. i.	8.8	8.0
N 90	對照 Control	9.0	8.5
	CCC 2 kg/ha. a. i.	9.8	9.3
	CCC 4 kg/ha a. i.	9.8	9.0
	CCC 6 kg/ha a. i.	9.0	9.0
N 180	對照 Control	10.5	10.0
	CCC 2 kg/ha a. i.	10.3	10.0
	CCC 4 kg/ha a. i.	9.8	10.0
	CCC 6 kg/ha a. i.	10.3	11.3

L. S. D. for 5% is 1.2328; for 1% is 1.6396

（四）CCC對水稻倒伏之影響：

由表八、表九知CCC不論在盆栽試驗或田間試驗，皆能顯著影響水稻之 cLr值。由表九知在田間試驗，施用CCC可極顯著地提高水稻植株之 cLr值，CCC對 cLr值之提高有一次曲線關係存在

，而CCC噴施期之早晚則不影響CCC之效果。換言之，在插秧後3星期或6星期，施用CCC皆可提高水稻之cLr值，亦即可增加水稻之抗倒伏能力，防止稻株倒伏。

同時由表八，可知，在盆栽試驗中，凡經CCC處理者，不論在何種氮肥用量下，其cLr值亦皆較對照者爲高。cLr值最小者爲高氮肥而無CCC處理者，亦即此植株對倒伏之抵抗力最小；而高氮肥下噴施CCC者，其cLr值最大，即最不容易倒伏。

表八、CCC對水稻 cLr 值之影響

Table 8. Effect of CCC on the cLr value of rice plant.

試驗別 Kinds of exp. / 處理 Treatments		盆栽試驗 Pot experiment	田間試驗 Field experiment: 插秧後3星期噴施 CCC (T_1)	田間試驗 Field experiment: 插秧後6星期噴施 CCC (T_2)
N 0	對照 Control	0.06920 [a]	0.08677	0.09392
	CCC 2 kg/ha a. i.	—	0.10535	0.09238
	CCC 4 kg/ha a. i.	0.07903 [b]	0.10296	0.11598
	CCC 6 kg/ha a. i.	—	0.10151	0.10673
N 90	對照 Control	—	0.07691	0.07571
	CCC 2 kg/ha a. i.	—	0.09035	0.09404
	CCC 4 kg/ha a. i.	—	0.08673	0.09026
	CCC 6 kg-ha a. i.	—	0.09099	0.09304
N 180	對照 Control	0.06125 [a]	0.07413	0.06961
	CCC 2 kg/ha a. i.	—	0.07867	0.08860
	CCC 4 kg/ha a. i.	0.08160 [b]	0.08699	0.08211
	CCC 6 kg/ha a. i.	—	0.08456	0.08960

表九、CCC對水稻 cLr 值影響之變方分析（田間試驗）

Table 9. Analysis of variance of the effect of CCC on cLr value of rice plant (Field experiment).

變因 Variation due to	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F值 F	理論F值 F 0.05 F 0.01
處理 Treatments	((23))	0.0113364856	0.0004928907	4.65740 **	1.75 2.20
區集 Blocks	3	0.0005235273	0.0001745090	—	2.76 4.13
CCC 噴施期 (T) Time of CCC application	1	0.0001130596	0.0001130596	1.06832	4.00 7.08
CCC 施用量 (C) CCC Concentration	(3)	0.0035829166	0.0011943055	11.285199 **	2.76 4.13
CCC 直線用量 CCC Conc. Linear	1	0.0026836129	0.0026836129	25.357923 **	4.00 7.08

CCC 一次曲線用量 CCC Conc. Quadratic	1	0.0008392202	0.0008392202	7.929937 **	4.00 7.08
CCC 二次曲線用量 CCC Conc. Cubic	1	0.0000600809	0.0000600809	0.567715	4.00 7.08
氮肥用量 (N) Nitrogen fertilizer	(2)	0.0060643389	0.0030321693	28.631494 **	3.15 4.98
氮肥直線用量 N Linear	1	0.0057248139	0.0057248139	54.094738 **	4.00 7.08
氮肥一次曲線用量 N Quadratic	1	0.0003395224	0.0003395224	3.209266	4.00 7.08
T×C	3	0.0000803861	0.0000267953	0.253194	2.76 4.13
T×N	2	0.0000120179	0.0000060089	0.056779	3.15 4.98
C×N	6	0.0010267609	0.0001711267	1.617006	2.25 3.12
T×C×N	6	0.0004570068	0.0000761678	0.719722	2.25 3.12
機差 Error	69	0.0073022262	0.0001058290	—	—
總計 Total	95	0.0191622400	—	—	—

(五) CCC對水稻生育日數之影響：

在人工氣候控制室內之盆栽試驗中，得知CCC處理並不致使水稻之生育日數延遲（表十），植株成熟之早晚完全受氮肥之影響，氮肥多則成熟延遲。

表十、CCC及氮肥對水稻成熟日數之影響（盆栽試驗）

Table 10. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on the days required for maturity of rice plant (Pot Experiment).

處理 Treatments	N 0		N 180	
	對照 Control	CCC 4 kg/ha a. i.	對照 Control	CCC 4 kg/ha a. i.
成熟日數 Days required for maturity	119.75 a	119.25 a	123.25 b	124.00 b

田間試驗之結果亦然，CCC並不影響水稻之生育日數（插秧至抽穗日數）（表十一、十二），且CCC與氮肥間亦無交感效應，而抽穗之早晚完全受氮肥多寡的影響，CCC施用之早晚對水稻抽穗之早晚並無影響。

表十一、CCC及氮肥對水稻抽穗期之影響（田間試驗）

Table 11. Effect of CCC and Nitrogen on the days required for panicle formation of rice plant (Field Experiment).

處理 Treatments		CCC 施用期 Time of CCC application 插秧後3星期 T_1	插秧後6星期 T_2
N 0	對照 Control	75.75	74.75
	CCC 2 kg/ha a. i.	77.00	75.25
	CCC 4 kg/ha a. i.	77.00	74.00
	CCC 6 kg/ha a. i.	76.75	76.50
N 90	對照 Control	77.50	76.00
	CCC 2 kg/ha a. i.	77.00	75.25
	CCC 4 kg/ha a. i.	76.75	73.75
	CCC 6 kg/ha a. i.	75.25	77.00
N 180	對照 Control	77.25	78.00
	CCC 2 kg/ha a. i.	78.50	77.00
	CCC 4 kg/ha a. i.	79.50	79.25
	CCC 6 kg/ha a. i.	79.25	78.50

表十二、CCC及氮肥對水稻抽穗日數影響之變方分析（田間試驗）

Table 12. Analysis of variance of effect of CCC and Nitrogen fertilizer on days required for panicle formation of rice plant (Field Experiment).

變因 Variation due to	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F值 F	理論F值 F 0.05 F 0.01
處理 Treatments	(23)	224.25	97.50	16.67 **	1.75 2.20
區集 Blocks	3	368.08	122.69	20.97 **	2.76 4.13
CCC 噴施期 (T) Time of CCC application	1	21.79	21.79	3.72	4.00 7.08
CCC 噴施量 CCC Concentration (C)	3	6.41	2.14	0.36	2.76 4.13
氮肥用量 Nitrogen fertilizer (N)	2	115.81	57.90	9.89 **	3.15 4.78
T×X×C	3	18.72	6.24	1.07	2.76 4.13
T×X×N	2	4.78	2.39	0.41	3.15 4.98
C×X×N	6	38.28	6.38	1.09	2.25 3.12

T×X×C×X×N	6	18.46	3.08	0.53	2.25 3.12
機　差 Error	69	403.92	5.85		—
總　計 Total	95	996.25	—		—

（六）　CCC對水稻產量及其他農藝性狀之影響：

由表十三知在盆栽試驗中，不論在高氮肥或無氮肥，施用CCC並不能增加每株之穀粒產量，且CCC與氮肥間亦無交感作用，其產量之高低，完全決定於氮肥之有無，施用氮肥者，因每株穗數增加，故產量提高。此外CCC處理亦不影響每株穗數、每穗粒數、千粒重、稔實率、每穗穗重、每穗穗長等重要農藝性狀。

表十三、CCC及氮肥對水稻穀粒產量及其他農藝性狀之影響（盆栽試驗）

Table 13. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on grain yield and other agronomic characteristics of rice plant (Pot experiment).

處理 Treatments / 性狀 Characteristics	N 0		N 180	
	對照 Control	CCC 4 kg/ha a. i.	對照 Control	CCC 4 kg/ha a. i.
每株穀粒產量（克） Grain yield per plant (g)	19.2 a	22.4 a	34.2 b	31.9 b
每株穗數 No. of panicles per plant	8.75 a	8.25 a	15.75 b	15.00 b
每穗粒數 No. of grains per panicle	104.00 a	118.25 a	122.75 a	108.00 a
千粒重（克） 1,000 grains weight (g)	24.25 a	25.78 a	25.58 a	23.93 a
稔實率 % of fertility	90.43 a	92.43 a	85.29 b	83.42 b
每穗穗長 Length of panicle (cm)	17.85 a	17.78 a	17.95 a	17.90 a
每穗穗重 Weight of panicle (g)	2.69 a	3.10 a	2.94 a	2.67 a

田間試驗之穀粒產量示於表十五。此小區產量經變方分析結果，知CCC並不能提高水稻之穀粒產量（表十四），但CCC與氮肥則有顯著之交感作用存在，氮肥用量爲 90 kg/ha 時配合CCC 4 kg/ha a.i. 之用量，則可顯著提高水稻產量。

表十四、CCC及氮肥對水稻小區穀粒產量影響之變方分析

Table 14. Analysis of variance of effect of CCC and Nitrogen fertilizer on the grain yield per plot of rice plant (Field Experiment) .

變因 Variation due to	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F值 F	理論F值 F 0.05 F 0.01
處理 Treatments	((23))	770506	33500.26	1.8013 *	1.75 2.20
區集 Blocks	3	71771	23923.67	1.2863	2.76 4.13
CCC噴施期 (T) Time of CCC application	1	14138	14138.00	0.7601	4.00 7.08
CCC噴施量 CCC concentration (C)	3	31867	10622.33	0.5711	2.76 4.13
氮肥用量 Nitrogen fertilizer (N)	2	186641	93320.50	5.0178 **	3.15 4.98
T××C	3	101822	33940.27	1.8249	2.76 4.13
T××N	2	18322	9161.00	0.4826	3.15 4.98
C××N	6	267122	44520.33	2.3938 *	2.25 3.12
T××C××N	6	150594	25099.00	1.3495	2.25 3.12
機差 Error	69	1283248	18597.80	—	—
總計 Total	95	2125525	—	—	—

表十五、CCC及氮肥對水稻穀粒產量之影響(克)(田間試驗)

Table 15. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on the yield of rice (g) (Field Experiment) .

CCC \ 氮肥 N	對照 Control	90 kg/ha	180 kg/ha	總計 Total	平均 Mean
對照 Control	6370 *	6510	6710	19590	816.25
CCC 2 kg/ha a. i.	6450	6855	6180	19485	811.46
CCC 4 kg/ha a. i.	7040	7800*	5600	20440	851.67
CCC 6 kg/ha a. i.	6790	7260	6620	20670	861.25
總計 Total	26550	28425	25110	80185	—
平均 Mean	829.69	888.28	784.69	—	—

* 為8小區之總和

* Sum of 8 plots

(七)　CCC對水稻米粒全氮含量百分率之影響

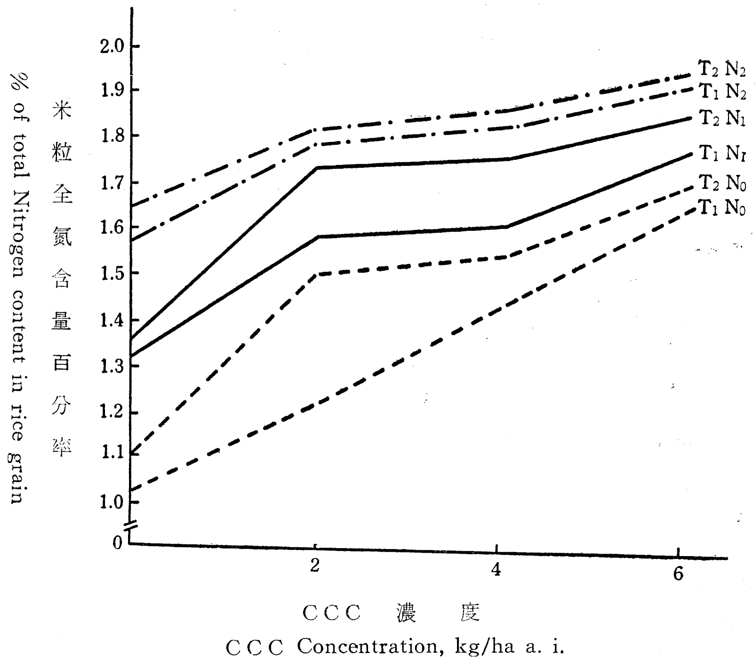
在盆栽試驗中，由表十六，知在無氮肥或高氮肥之情形下，施用CCC處理者，其米粒中全氮含量百分率皆較未處理者高，即使在無氮肥而施用CCC，其米粒全氮含量百分率亦可提高至與單獨施用高氮肥者同，在四個處理組合中，以高氮肥配合CCC處理者含量最高，達 1.444%，而以無氮肥不噴施CCC者最低。

表十六、CCC及氮肥對米粒中全氮含量百分率之影響（盆栽試驗）

Table 16. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on the % of total Nitrogen content of the rice grain. (Pot Experiment).

處理 Treatments	N 0		N 180	
	對照 Control	CCC 4 kg/ha a. i.	對照 Control	CCC 4 kg/ha a. i.
米粒中全氮含量百分率 % of total Nitrogen content of rice grain	0.999 [a]	1.127 [b]	1.134 [b]	1.444 [c]

田間試驗結果，亦發現CCC可提高米粒中全氮含量百分率。由圖二、知當施用CCC時，米粒全氮含量有隨CCC濃度增加而增加之效果，且在挿秧後 6 星期施用CCC（T_1）對米粒全氮含量百分率提高之效果，遠大於挿秧後 3 星期施用CCC者（T_2）。



圖二、　CCC及氮肥對水稻米粒全氮含量百分率之影響（田間試驗）

Fig. 2. Effect of CCC and Nitrogen fertilizer on % of total Nitrogen content of rice grain (Field Experiment).

五、討　　論

CCC對植物體之作用方式 (mode of action) 如何？學者間之主張不一，Kuraishi 和Muir二氏[23]認為CCC是一種 anti-Auxin 之方式。Cathy 氏[5] 則認為CCC能改變植物體內代謝作用，能使 Gibberellin 的合成減少，因而可以影響植物之生長和發育，是一種 anti-metabolite 之作用。其後學者如 Harada 和 Lang[15], Paleg *et al.*[26], Knypl 和 Slupek 二氏[22] Barens *et al.*[2] 皆證實了CCC的作用方式是抑制植物體內 Gibberellin之生合成(biosynthesis)，Dannis *et al.*[10] 認為CCC之作用 Site 為：

Mevalonic acid—→trans-Geranylgeraniol $\xrightarrow[\text{CCC}]{\not\,}$ (−) -Kaurene→→→Gibberellic acid

因此CCC可以使植物矮化及影響其他之生理作用。但在水稻方面，CCC對 Gibberellin 生合成之影響，至今尚無報告發表，可能亦為抑制 Gibberellin 的合成，仍有待更進一步實驗證明。

在本試驗中，水稻種子經CCC浸種24小時後，即使在50%之高濃度下，亦不致抑制水稻種子之發芽百分率，且幼苗高度亦隨CCC濃度之增加而減低。此結果與 Michniewicz 氏[14] Appleby 等氏[1]及 Rutger 等氏[30]在小麥、大麥方面研究結果相似。Michniewicz 氏以 10,100,5000 ppm 之CCC水溶液浸種小麥種子24小時亦不抑制小麥種子之發芽，且幼苗高度亦減低。Appleby 氏等以0.5 %CCC浸種小麥4小時，則小麥幼苗株高亦顯著減低。此種不影響作物發芽率，而使植株矮化之效果，據 Briggs 氏[3] 之看法，CCC可使 α-amylase 之產生變慢，故不致影響其發芽率，且幼苗株高亦因而減低。惟真正之原因為何，則有待更進一步之研究。

許多研究者皆稱CCC可使禾穀類作物之節間變短，株高變矮 [1, 4, 6, 8, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 27, 30]，但此種作用每視作物種類、品種而異，Rutger 等氏[30]發現大麥某些品種經CCC處理，初期雖較未處理者矮，但成熟時之株高反較未處理者為高。CCC對水稻株高反應的報告結果亦不一致。太田等氏[33]報告稱利用CCC之類似物，BCB (Bromocholine Bromide) 可抑制稻稈之伸長，後來氏等[34]又稱只有在密植情形下，才有使稻株矮化之效果。Caraus 等氏[4]則稱CCC對水稻株高矮化無效。Rao 和 Krishnayya 二氏[28]則稱CCC 可使水稻株高變矮，又 Das, Vig 及 Bhumbla 等氏[11]亦證實 CCC 確可使水稻節間變短，株高變矮。上述諸說之差異可能因品種不同，或栽培方法不同所致。在本試驗中亦證實了CCC不論盆栽試驗或田間試驗皆可使水稻株高變矮。在人工氣候控制室內之盆栽試驗中，無氮肥情形下，噴施CCC與否，二者之株高並無顯著差異，其原因作者認為在無氮肥下未經CCC處理之植株，其株高已為植株在該環境下最低之株高了，因此再噴施CCC亦無法使其更矮。至於田間方面，株高雖較人工氣候控制室內者矮些 (因在人工氣候控制室內之植株有輕微之徒長現象)，但CCC處理對水稻株高之減低則有直線用量關係存在，且不論移植後三星期 (約相當於分蘖中期) 或移植後6星期 (約相當於有效分蘖末期) 噴施CCC皆能使水稻矮化，此與Das, Vig 及 Bhumbla 等氏[12]之結果相吻合。

許多研究者在大、小麥方面，發現CCC可使大、小麥之分蘖增加[1, 4, 5, 19]。由本試驗之結果觀之，CCC並無增加水稻有效分蘖數之效，雖然在盆栽試驗中，初期CCC可提高分蘖數，但對最終之有效分蘖並無影響。

關於CCC防止禾穀類作物倒伏之報告極多 [8, 12, 14, 18, 19, 20, 24, 25, 27, 29]。本試驗盆栽試驗中，經CCC處理之植株，其 cLr 值皆較未處理者為高。於高氮肥下，噴施CCC之稻株，其cLr 值最大，亦即植株較不易倒伏。田間試驗之結果不論插秧後3星期或6星期，施用 CCC 皆可提高植株之cLr 值，換言之，CCC處理可使植株較不易倒伏。此結果亦與 Das, Vig 及 Bhumbla 等氏 [11, 12] 及 Gupta 氏[14]之研究結果一致。Das, Vig 及 Bhumbla 等氏認為CCC可使水稻基部節間變短，

粗，故可抗倒伏。而 Gupta 氏亦指出陸稻播種後10,21,42,63天噴施CCC及沼澤稻挿秧後21天施用CCC，皆可使水稻免於倒伏。此種因施用 CCC 提高 cLr 值之原因，可能由於CCC使水稻株高變矮之故，故植株較不易倒伏。

Tolbert 氏[32]稱，CCC能延遲小麥之抽穗及成熟，而 Humphries 等氏[17]則指出CCC能使小麥之抽穗延遲達7天之久，但其成熟期則不受CCC影響而延遲。在本試驗結果發現CCC並不致使水稻之生育日數延遲，此可能CCC因作物不同，反應亦異之故。

Das, Vig 及 Bhumbla 三氏[12]指出CCC處理可提高水稻產量，尤其 CCC 4 lbs/acre 及配合氮肥 40 lbs/acre 可增產稻穀39%。Gupta氏[14]則認爲CCC無增產之效。在本試驗結果，經變方分析，CCC之效應亦皆無使水稻增產之效，且不影響其他農藝性狀。但在田間試驗結果CCC與氮肥有顯著之交感作用，即 CCC 4 kg/ha a.i. 及氮肥 90 kg/ha 可增加水稻產量。

雖然 Humphries 等氏[17]稱CCC能提高小麥穀粒中之全氮含量百分率，而Chrominski氏[7]却稱CCC能降低小麥之全氮含量百分率，但CCC對米粒中全氮含量百分率之影響研究者極少，而本試驗中發現CCC處理可顯著提高米粒中全氮含量百分率，亦即CCC可以增加稻米之蛋白質含量而增加稻米之營養價值。有關因CCC處理而使米粒中全氮含量提高之機構，則有待更進一步之研究。

六、結　論

上述結果，不論在盆栽試驗或田間試驗，CCC處理並不致使水稻種子發芽率減少，但能使幼苗高度及植株高度減低，提高 cLr 值，防止植株倒伏，同時在對照區無倒伏情形下，CCC並無增產之效，且亦不影響其他重要農藝性狀，或使植株抽穗及成熟延遲。因此，似可利用CCC防止水稻之倒伏損失。又CCC處理可以提高米粒中全氮含量百分率，殊值注意。根據本試驗結果，CCC用量以 4 kg/ha a.i. 爲宜，於挿秧後3星期或6星期施用皆可達到上述效果。

七、參 考 文 獻

1. Appleby, A. P., W. E. Kronstad, and C. R. Rohde. 1966. Influence of 2-chloroethyltrimethylammonium chloride (CCC) on wheat (*Triticum aestivum L.*) when applied as a seed treatment. Agron. J. 58 : 435-437.
2. Barnes, M. F., E. N. Light, and A. Lang. 1969. The action of plant growth retardants on terpenoid biosynthesis : Inhibition of Gibberellic acid production in *Fusarium* synthesis. Planta (Berl.) 88 : 172-182.
3. Briggs, D. E. 1968. α-amylase in germinating, decorticated barley. III. Effects of adding CCC and other chemicals. Biol. Abst. 49 (16) : 89276.
4. Caraus, V., T. Adler, G. Clonder, and I. Sbircea. 1970. Experimental results concerning chlorocholine chloride (CCC) action on cereals. Biol. Abst. 51 (19) : 109732.
5. Cathy, H. M. 1964. Physiology of growth retarding chemicals. Ann. Rev. Pl. Physiol. 15 : 271-302.
6. Cathy, H. M., and N. W. Stuart. 1961. Comparative plant growth-retarding activity of AMO-1618, Phosfon, and CCC. Bot. Gaz. 123 : 51-57.
7. Chrominski, A. 1967. Effect of (2-chloroethyl)trimethylammonium chloride on protein content, protein yield, and some qualitative indexes of winter wheat grain. J. Agr. Food Chem. 15 (1) : 109-112.
8. Crew, C. E. Jr. 1969. The effect of Cycocel and nitrogen on certain agronomic chara-

cteristics of two varieties of wheat. Ph. D. Diss., Univ. of Georgia.

9. Cyanamid International Company. 1966. Cycocel : Plant growth regulant. Cyanamid International Technique Information Bull., Cyanamid International Company, Wayne, New Jersey, U. S. A.
10. Dannis, D, T., C. P. Upper, and C. A. West. 1965. An enzymic site of Gibberellin biosynthesis by AMO-1618 and other growth retardants. Pl. Physiol. 40 : 948-952.
11. Das, B., A. C. Vig. and D. R. Bhumbla. 1968. Growth regulating effect of CCC on paddy yields. Sci. Cul. 34 (10) : 430-432.
12. Das, B., A. C. Vig, and D. R. Bhumbla. 1969. Effect of chlorocholine chlorids on the growth characteristics, lodging and yield of rice. Biol. Abst. 50 (1) : 4665.
13. De Vos, N. M. 1968. Shortcoming of modern wheat varieties as shown by CCC-Nitrogen-row distance experiments. Euphytica Suppl. 1 : 267-273.
14. Gupta, D. K. Das. 1971. Effect of Cycocel on lodging and yield of upland and swamp rice in Sierra Leone. Biol. Abst. 52 (16) : 37573.
15. Harada, H., and A. Lang. 1965. Effect of some (2-chloroethyl)trimethylammonium chloride analogs and other growth retardants on gibberellin biosynthesis in *Fusarium moniliforme*. Pl. Physiol. 40 : 176-183.
16. Humphries, E. C. 1963. Effect of (2-chloroethyl)trimethylammonium chloride on plant growth, leaf area, and net assimilation rate. Ann. Bot. 27 (107) : 517-531.
17. Humphries, E. C., P. J. Welbank, and K. J. Witts. 1965. Effect of CCC (chlorocholine chloride) on growth and yield of spring wheat in the field. Ann. appl. Biol. 56 : 351-361.
18. Humphries, E. C. 1967. Some general properties of growth regulators and their potential use in agriculture. Agri. Prog. 42 : 82-87.
19. Humphries, E. C. 1968. CCC and cereals. Field Crop Abst. 21 (2) : 91-99.
20. Humphries, E. C., and W. Bond. 1969. Experiments with CCC on wheat : Effect of spacing, nitrogen and irrigation. Ann. Appl. Biol. 64 : 375-384.
21. Isoldos, F., and M. Feher. 1969. Effect of CCC on ion uptake and growth of young rice plants. Biol. Abst. 50 (10) : 55415.
22. Knypl, J. S., and T. Slupek. 1969. Growth retardants in relation to the germination of seeds affected with CCC. Biol. Abst. 50 (9) : 49886.
23. Kuraishi, S., and R. Muir. 1963. Mode of action of growth retarding chemicals. Pl. Physiol. 38 : 19-24.
24. Lhoste, J. 1968. Growth regulators use in grain crops. Biol. Abst. 49 (13) : 69458.
25. Linser, H. 1968. Influence of CCC on lodging and behaviour of cereal plants. Euphytica Suppl. 1 : 215-238.
26. Paleg, L., H. Kende, H. Ninnemann, and A. Lang. 1965. Physiological effects of gibberellic acid. VIII. Growth retardants on barley endosperm. Pl. Physiol. 40 : 165-169.
27. Primost, E. 1968. The effect of 2-chloroethyltrimethylammonium chloride (CCC) on wheat (Results of long-term field experiments) . Euphytica Suppl. 1 : 239-249.
28. Rao, C. N., and R. Krishnayya. 1968. Effect of chlorocholine chloride (CCC) on the calcium uptake by rice. Oryza 5 (1) : 86-87.

29. Ruszkowski, K. 1968. The influence of the CCC on growth and yielding ability of different varieties of cereals. Euphytica Suppl. 1 : 259-265.

30. Ruter, J. N., C. O. Qualset, and C. W. Schaller. 1965. Effect of seed application of two growth retardants on barley. Crop Sci. 5 : 481-482.

31. Tolbert, N.E. 1960. (2-chloroethyl)trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. I. Chemical structure and bioassay. J. Biol. Chem. 235 : 475-479.

32. Tolbert, N. E. 1960. (2-chloroethyl)trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. Pl. Physiol. 35 : 380-385.

33. 太田敏郎，長南信雄，川原治之助・1961. BCB (Bromocholine Bromide) に關する研究（1）土壤處理が小麥および水稻の生育に及ぼす影響。茨大農學術報告9：1—6。

34. 太田敏郎，長南信雄，川原治之助・1962 BCB (Bromocholine Bromide) が二、三作物の生育および細胞分裂と伸長に及ぼす影響。日作紀30：206—210。

35. 吳育郎・1967・水稻倒伏性之測定・科學農業15 (5，6) ：174—177。

EFFECT OF CCC (2-CHLOROETHYLTRIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE) ON THE GROWTH, DEVELOPMENT, LODGING, AND YIELD OF RICE PLANT[1]

by

Ming-teh Huang[2] Wen-tong Tang[3]

Summary

This research was designed to study the effect of CCC (2-chloroethyltrimethylammonium chloride) on the growth, development, lodging and yield of rice plant. A pot experiment involving two levels of nitrogen (0 and 180 kg/ha) and two levels of CCC (0 and 4 kg/ha a. i.) was carried out under control temperature condition. CCC was sprayed three weeks after transplanting. Effect of CCC on germination was also experimented under control temperature condition before pot experiment was conducted. Additional experiment, which was carried out in field condition, contained four levels of CCC (0, 2, 4, and 6 kg/ha a. i.) , three levels of nitrogen (0, 90, and 180 kg/ha) and two application times of CCC (sprayed at 3 and 6 weeks after transplanting) . Each treatment replicated

---

Part of thesis submitted by the first author in partial fulfillment for the requirements of M. S. degree, Research Institute of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

1. Serial No. (Q) 594.
2. Formerly Graduate Student and now Associate Agronomist of TARI, Taiwan, Republic of China.
3. Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University.

4 times. Factorial randomized complete block design was used in this field experiment.

Rice variety of Chia-nan No. 8 was used in both pot and field experiments. In germination test, percentage of germination and plant height of seedling were recorded. Plant height, No. of tillerings and cLr value of pot and field experiments were investigated. Data of both pot and field experiments collected were air dry grain yield, No. of panicles per plant and other agronomic characteristics. Total nitrogen content of rice grain was also analyzed. Semi-micro-Kjedahl's method was adapted to determine total nitrogen content.

Results obtained from this experiment were as follows :

1. C C C applied as seed treatment didn't affect the percentage of rice seed germination but plant height of seedling was reduced. (*see* Table 1, Fig. 1)
2. C C C reduced plant height significantly, especially when nitrogen fertilizer was added. (*see* Table 2, 3, 4, and 5)
3. At earlier stage of development, the No. of tillering was increased when plant treated with C C C. However, no difference was found between plants treated with and without C C C at later stage. (*see* Table 6 and 7)
4. Plant treated with C C C had higher cLr value than those without C C C treatment both in pot and field experiments. In other words, C C C might reduce the lodging of rice plant. (*see* Table 8 and 9)
5. Days required for panicle formation or maturity were not affected by the foliar application of C C C. (*see* Table 10, 11, and 12)
6. From the data of pot experiment, C C C failed to increase the yield of rice plant. The No. of panicles per plant, No. of grains per panicle, 1000 grains wt., % of fertility, length of panicle, and wt. of panicle were not affected by C C C treatment. (*see* Table 13)
7. In the field condition, 4kg/ha a. i. of C C C combined with 90 kg/ha of nitrogen fertilizer increased the yield of rice plant. (*see* Table 14 and 15)
8. Percentage of total nitrogen content of grain of rice plant treated with C C C was higher than that without C C C treatment. (*see* Table 16 and Fig. 2)
9. In affecting growth, development, lodging, and yield of rice plant, no difference was found between C C C sprayed at 3 and 6 weeks after transplanting.